2К

УДК 007.001.362

***В.П. Кожем'яко, Л.В. Загоруйко, Т.А. Загоруйко***
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
Україна, 21000, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 98
Tata-Zagorujko@rambler.ru

# Оптоелектронний навчений класифікатор

***V.P. Kozhemiako, L.V. Zagorujko, T.A. Zagorujko***
*Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa*
*Ukraine, 21000, Vinnitsa, st. Khmelnitske highway, 98*
*Tata-Zagorujko@rambler.ru*

# *Optoelectronic Trained Classifier*

***В.П. Кожемяко, Л.В. Загоруйко, Т.А. Загоруйко***
Винницкий национальный технический университет, г. Винница
Украина, 21000, г. Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 98
Tata-Zagorujko@rambler.ru

# Оптоэлектронный обучаемый классификатор

У статті розглядається структурна схема оптоелектронного навченого класифікатора. Пропонуються можливі варіанти реалізації головних блоків оптоелектронного навченого класифікатора з відомих на даний момент.
**Ключові слова:** оптична обробка, навчений класифікатор,
оптоелектронний нейрокомп'ютер, сигнальний процесор.

In the article the block diagram of Optoelectronic trained classifier. Offered the options of the main blocks of optoelectronic trained classifier known at this time.
**Key words**: optical processing, trained classifier, optoelectronic neurocomputers, signal processor.

В статье рассматривается структурная схема оптоэлектронного обучаемого классификатора. Предлагаются возможные варианты реализации главных блоков оптоэлектронного обученного классификатора из известных на данный момент.
**Ключевые слова**: оптическая обработка, обучаемый классификатор,
оптоэлектронный нейрокомпьютер, сигнальный процессор.

## Вступ

Багато задач обробки оптичної інформації потребують аналізу або розпізнавання об'єктів у реальному часі. Ці задачі мають широке застосування, наприклад, при конструюванні адаптивних і діагностичних пристроїв, оптоелектронних нейрокомп'ютерів [1].

Про актуальність оптичної обробки та аналізу двовимірних масивів даних свідчить, наприклад, розробка пам'яті з оптичним записом зображення [2]. Крім того, розроблено оптоелектронний нейрокомп'ютер, одним з головних блоків якого є векторно-матричний помножувач. На базі даного блока можна реалізувати одношарову нейронну мережу, де кількість нейронів дорівнює кількості елементів матриці фотоприймачів, а кількість елементів матриці випромінювачів задає кількість входів шару [1]. Поряд з тим, запропоновано оптоелектронний навчений класифікатор, який має можливості автоматичного перенавчання в ході експлуатації [3]. Також відомий адаптивний класифікатор зображень, який виконує паралельну обробку інформації і використовується для розпізнавання зо-

бражень типових об'єктів на місцевості, а також при адаптивній фільтрації двовимірних сигналів, з підвищеною роздільною здатністю і точністю [4].

**Ціллю даної роботи** є вдосконалення існуючої структурної схеми оптоелектронного навченого класифікатора і підбір з існуючих основних блоків пристрою.

# Опис приладу

Оптоелектронний навчений класифікатор (рис. 1) містить панель світловипромінювачів 1, керовану маску 2, панель фотоприймачів 3, детектор максимального сигналу 4, обмотку стирання 5, процесор 6 і пам'ять зразків 7. Виходи $8_1$, ..., $8_m$ панелі 3 фотоприймачів з'єднані з відповідними входами детектора 4 максимального сигналу, виходи $9_1$, ..., $9_m$ якого є виходами пристрою. По входам $15_1$, ..., $15_m$ пам'яті 7 зразків завантажується інформація, а по входам $14_1$, ..., $14_m$ – адреса кожного біта інформації. З виходу блока пам'яті 7 зразків інформація передається на відповідні входи $10_1$, ..., $10_m$ процесора, виходи $11_1$, ..., $11_m$ якого підключені до відповідних входів $13_1$, ..., $13_m$ панелі 1 світловипромінювачів, а виходи $12_1$, ..., $12_m$ – до відповідних входів панелі 3 фотоприймачів.

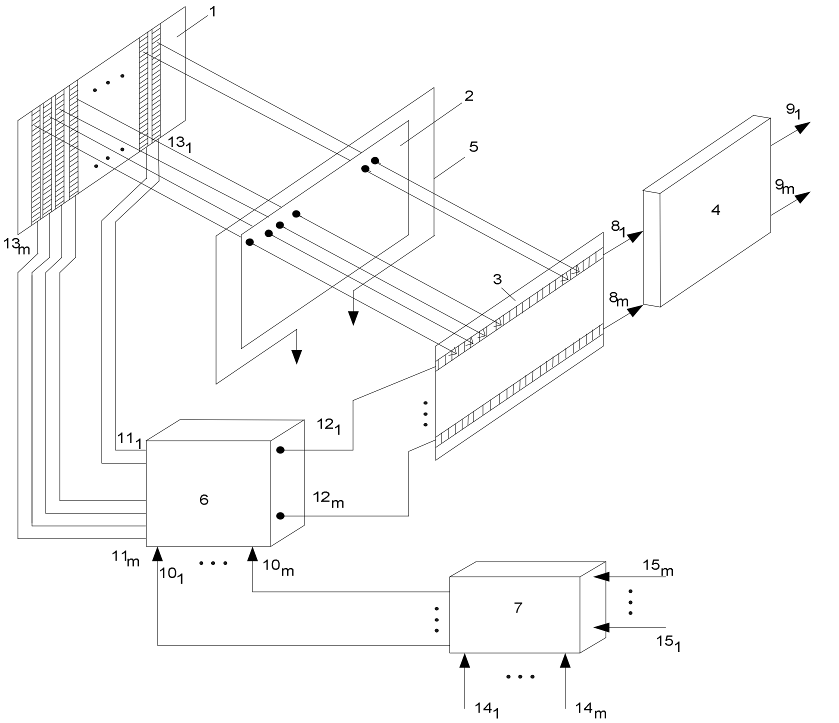



Рисунок 1 – Структурна схема оптоелектронного навченого класифікатора

Навчений класифікатор має розмірність mxn, де m – число рішень, які приймає класифікатор, n – число ознак, за якими приймається рішення. Інформація про класифікуючий n-вимірний двійковий код X представляється у вигляді смуг, що світяться, виконаних або на електролюмінісцентних кристалах, або шляхом нанесення електролюмінісцентної маси. Кожна пара світловипромінювачів представляє собою один ознаковий розряд, а кожний окремий стовпець цієї пари служить для відображення +1 (лівий стовпець) або –1 (правий стовпець).

Керована маска 2 представляє собою тонку плівку, яка змінює оптичний коефіцієнт пропускання світла на ділянках, що піддаються дії електричного поля.

Пропонується використовувати матричний метод зміни коефіцієнта прозорості відповідної ділянки магнітної стрічки. Матрична зміна коефіцієнта пропускання світла здійснюється використанням у режимі світловипромінюючих і фотоприймальних смуг (стрічкових і рядкових шин живлення). Сумарний коефіцієнт пропускання по кожному рядку і для одної ознаки (+1, –1) приймається за одиницю.

Панель 3 фотоприймачів складається з m фотоприймальних смуг, напилених порядково на підкладинку. Отримані таким способом m фотоприймачів без посередньо ввімкнені в коло детектора «максимума». Оптоелектронний навчений класифікатор працює у двох режимах: навчання і розпізнавання.

У режимі навчання відбувається зміна коефіцієнта прозорості тонкої магнітної плівки керованої маски 2 у відповідних місцях перетину керованих струмом рядкових і стовпчикових шин, в якості яких використовуються спільні проводи фотоприймальних смуг і загальні проводи світловипромінювальних смуг, які через процесор 6 підключені до пам'яті 7 зразків.

У режимі розпізнавання вектора X, який є n-вимірним і розпізнається, відповідає певна кількість рядків світловипромінювача панелі 1. Для віднесення до певного класу з пам'яті 7 зразків передається інформація на процесор 6, який перетворює у відповідний сигнал і передає його на відповідні стовпці панелі 1 світловипромінювачів. Світло з відповідних елементів панелі 1 світловипромінювачів передається на керовану маску 2, з якої інформація передається на відповідні рядки панелі 3 фотоприймачів. Кожний із m рядків керованої маски 2 представляє собою імовірнісну характеристику для m класифікуємих повідомлень. Сумарний світловий потік, що пропускається через кожний із m рядків керованої маски 2, характеризує ступінь відповідності повідомлення, що розпізнається, X одному із m можливих.

Оскільки в режимі розпізнавання імпульси належності до класу на загальні шини фотоприймачів панелі 3 не подаються і струми випромінювання, що протікають через фотоприймач панелі 3, малі, стан магнітних елементів плівки не змінюється. Обмотка стирання 5 забезпечує відновлення магнітної плівки керованої маски 2 для запису нової інформації. Керування коефіцієнтом пропускання керованої маски 2 дозволяє легко переходити від одного класу задач до іншого.

Оскільки кожний елемент керованої маски 2 на перетині *i*-го рядка із *j*-м стовпцем пропускає світловий потік, рівний

$$\Phi_{ij} = x_j \cdot g_{ij}\,, \tag{1}$$

де $\Phi_{ij}$ – с вітловий потік, що проходить через елемент керованої маски 2 *i*-ї стрічки *j*-о стовпця; $x_j$ – значення *j*-ї ознаки(+1 чи –1)(світиться лівий чи правий рядок *j*-ї ознаки); $g_{ij}$ – ваговий коефіцієнт, що рівний коефіцієнту пропускання керованої маски 2 і дорівнює $P_{ij}$ для $x_j = +1$ або $1 - P_{ij}$ для $x_j = -1$; $P_{ij}$ – імовірність появи символу +1 в *i*-у класі для *j*-ї ознаки.

Тоді сумарний світловий потік з кожного рядка навченої керованої маски 2 дорівнює

$$\sum_{j=1}^{n} \Phi_{ij} = \sum_{j=1}^{n} x_j \cdot g_{ij}\,. \tag{2}$$

# Можливі варіанти реалізації деяких основних блоків пристрою

Розглянемо блок-схему підключення фотоприймачів для панелі фотоприймачів в оптоелектронному навченому класифікаторі (рис. 2). Схема підключення взята з роботи [5] і містить цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), який задає поріг спрацювання нейронів, матрицю фотоприймачів (МФП), генератор пилкоподібної напруги (ГПН), схему керування порогом (СКП) і регістр вектора вхідної активності (РгВ) [5].

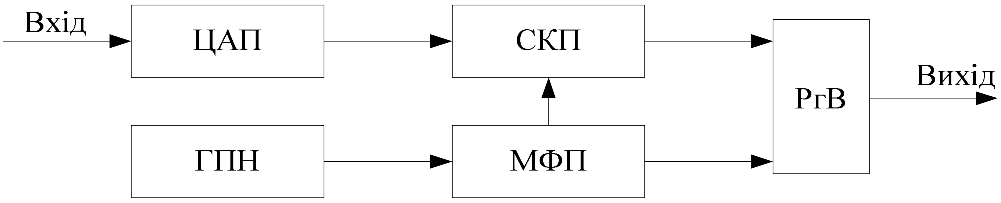



Рисунок 2 – Блок-схема підключення фотоприймачів

Як ЦАП, РгВ і ГПН можуть використовуватися стандартні схеми. Розрядність ЦАП визначається необхідною точністю виконання порогових операцій. РгВ представляє собою регістр засуву, входи даних якого підключені до виходів матриці фотоприймачів, а тактовий вхід – до виходу СКП. В окремих випадках як РгВ може використовуватися регістр, що керується випромінювачами [6]. У цьому випадку сигнали на вхід подаються через мультиплекс або завантаження вхідного вектора здійснюється зсувом. ГПН представляє собою генератор пилкоподібної напруги, що знаходиться в стані очікування. Крутизна вихідного сигналу визначається часом спрацювання інших елементів схеми і може бути підібрана експериментально [6].

Одним із варіантів застосування процесора є використання новітніх сигнальних процесорів (DSP). Сигнальні процесори DSP (Digital Signal Processors) є дуже ефективними пристроями, призначеними для застосування там, де потрібна велика кількість обчислень і висока швидкість роботи. Застосовуються, головним чином, в системах, що працюють у режимі реального часу, для перетворення аналогових сигналів (безперервних сигналів, наприклад: аудіо, відео, температури, тиску і т.д.) на цифрові, а також для обробки цих даних. Особливою сферою застосування процесорів є додатки, в яких за дуже короткий час виконується велика кількість математичних операцій (додавання, віднімання, множення і ділення, в тому числі з плаваючою комою) [7].

З ростом числа програм, що використовують DSP, і складності алгоритмів обробки збільшуються і вимоги до них у плані підвищення швидкодії та оснащеності інтерфейсними та іншими спеціалізованими вузлами. До теперішнього часу з'явилося безліч типів DSP, як універсальних, так і орієнтованих на досить вузьке коло завдань [8].

Виробники DSP, проектуючи нові мікросхеми, досить чітко позиціонують їх для використання в тих чи інших областях. Це впливає і на їхню архітектуру, і на швидкодію, і на оснащення процесора тим чи іншим набором периферійних модулів. У табл. 1 показано позиціонування DSP з точки зору їх виробників [9].

Для даного класифікатора потрібно використати процесори другого класу, які призначені для обробки і розпізнавання. При виборі процесора потрібно визначити найважливіші в конкретному випадку характеристики і розставити їх за ступенем важливості. Потім відповідно до цих критеріїв відібрати можливих кандидатів і, нарешті, вибрати з відповідних кращий, звертаючи увагу на додаткові, не критичні характеристики. При цьому доцільно скористатися оцінкою характеристик процесорів,

вироблених будь-якою авторитетною компанією (наприклад, BTDI). Слід пам'ятати, що BTDI проводить оцінку DSP не тільки за швидкодією, але й за іншими критеріями: ефективності пам'яті, енергоспоживання і т.д.

Таблиця 1 – Області застосування сімейств сигнальних процесорів різних виробників

| Області застосування | Моделі сигнальних процесорів |
|---|---|
| Обробка відео, відеоспостереження, цифрові камери, 3D графіка | TMS320DM64x/DaVinci, TMS320C64xx, TMS320C62xx (TI), PNX1300, PNX1500, PNX1700 (Philips), MPC52xx (Freescale) |
| Обробка аудіо, розпізнавання, синтез звуку | TMS320C62xx, TMS320C67xx (TI), SHARC (Analog Devices) |
| Портативні медіа пристрої | TMS320C54xx, TMS320C55xx (TI), Blackfin (Analog Devices) |
| Бездротовий зв'язок, телекомунікації, модеми, мережеві пристрої | TMS320C64xx, TMS320C54xx, TMS320C55xx (TI), MPC7xxx, MPC86xx, MPC8xx PowerQUICC I, MPC82xx PowerQUICC II, MPC83xx PowerQUICC II Pro, MPC85xx PowerQUICC III (Freescale), Blackfin, TigerSHARC (Analog Devices), PNX1300 (Philips) |
| Управління приводами, перетворення потужності, автомобільна електроніка, предмети домашнього вжитку, офісне обладнання | TMS320C28xx, TMS320C24xx (TI), ADSP-21xx (Analog Devices), MPC55xx, MPC55xx (Freescale) |
| Медицина, біометрія, вимірювальні системи | TMS320C62xx, TMS320C67xx, TMS320C55xx, TMS320C28xx (TI), TigerSHARC, SHARC (Analog Devices) |

Наприклад, для реалізації програми для нас в першу чергу важливі швидкість, ціна, ефективність роботи пам'яті та енергоспоживання. Визначивши основних претендентів, серед яких DSP з ядром C64x і C64x + від Texas Instruments і TigerSHARC від Analog Devices. На рис. 3 показаний граф порівняльних характеристик цих процесорів за критеріями швидкості, вартості, енергоспоживання і зручності засобів розробки [10].

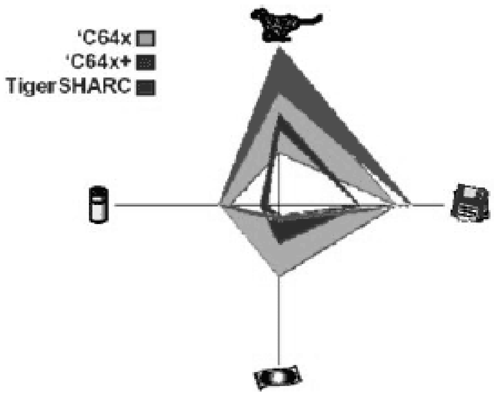



Рисунок 3 – Графік порівняльних характеристик процесорів за критеріями швидкості, вартості, енергоспоживання і зручності засобів розробки

Тепер пріоритети. Якщо нам у першу чергу необхідна висока швидкість і низька ціна, ми вибираємо Texas Instruments. Якщо нам потрібно низьке енергоспоживання, причому готові пожертвувати швидкістю, беремо Analog Devices. Не виключена ймовірність того, що обрані процесори виявляться дуже близькі за ключовими параметрами. У цьому випадку вибір буде визначатися некритичними характеристиками: доступністю засобів налагодження, попереднім досвідом розробника, доступністю компонентів і т.д. Ретельний вибір цифрового сигнального процесора ще на початковому етапі розробки може допомогти позбавитися від зайвих витрат, пов'язаних з вибором невідповідного DSP, і скоротити як час розробки в цілому, так і час, і кошти на виявлення помилок [11].

## Висновки

У роботі запропоновано вдосконалену структурну схему оптоелектронного навченого класифікатора. Даний класифікатор за рахунок змінності пам'яті дозволяє через виділення рядка після донавчання системи використовувати кращий варіант пам'яті.

## Література


1. Резник А.М. Оптоэлектронный нейрокомпьютер / А.М. Резник, М.Э. Куссуль // Управляющие системы и машины. – 1993. – № 5. – С. 6-12.
2. А. с. 35530, кл. G 11 C 11/42. Спосіб запису зображень / [В.П. Кожем'яко, Л.И. Тимченко, Л.В. Загоруйко, Т.Б. Мартинюк, Т.А. Загоруйко]. – № u 200804622 – 24; заявл. 10.04.2008; опубл. 25.09.2008, Бюл. №18.
3. А. с. 1351769 (СССР), кл. G 06 K 9/00. Оптоэлектронный обучаемый классификатор / [В.В. Александров, Л.А. Ершов, Р.И. Полонников, Е.И. Трофимов]. – № 1774692/18 – 24; заявл. 19.04.72; опубл. 25.08.74, Бюл. №31.
4. А. с. 335706 (СРСР), кл. 06 К 9/00. Оптический адаптивный классификатор / [Е.С. Нежевенко, Г.И. Салов, П.Е. Твердохлеб, Г.Д. Уманцев, В.В. Шатун]. - № 1606494/18 – 24; заявл. 18.12.1972, опубл. 11.04.1972, Бюл. №13.
5. Куссуль Э.М. Основные свойства нейроподобной сети с ассоциативно-проективной структурой / Э.М. Куссуль // Нейроподобные сети и нейрокомпьютеры : сб. науч. тр. – К., 1991. – С. 4-10.
6. Резник А.М. Моделирование многослойных сетей на многопроцессорных макроконвейерных ЭВМ / А.М. Резник, Т.О. Касаткина // Нейроподобные сети и нейрокомпьютеры: сб. науч. тр. – К., 1990. – С. 57-63.
7. Солонина А.И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. – СПб. : БХВ-Петербург, 2001. – 464 с.
8. Применение цифровой обработки сигналов / [под ред. Э. Оппенгейма]. – М. : МИР, 1980. – 356 с.
9. Марков С. Цифровые сигнальные процессоры / Марков С. – Кн. 1. – М. : Микроарт, 1996. – 284 с.
10. Jeff Bier. Choosing a Processor: Benchmarks and Beyond (S043) / Jeff Bier. – Berkeley, California : Berkeley Design Technology, Inc., USA, 2006.
11. Choosing a DSP Processor, Berkeley, California: Berkeley Design Technology, Inc., USA, 2000.


## Literatura


1. Reznik A.M. Upravljajushhie sistemy i mashiny. 1993. № 5. S. 6-12.
2. A. s. 35530 , kl. G 11 S 11/42. Sposib zaphsu zobrazhen'. V.P. Kozhem'jako, L.I. Timchenko, L.V.. Zagorujko, T.B. Martinjuk, T.A. Zagorujko. – № u 200804622– 24; zajavl. 10.04.2008; opubl. 25.09.2008, Bjul. №18
3. A. s. 1351769 (SSSR), kl. G 06 K 9/00. Optojelektronnyj obuchaemyj klassifikator. V.V. Aleksandrov, L.A. Ershov, R.I. Polonnikov, E.I. Trofimov. – № 1774692/18 – 24; zajavl. 19.04.72; opubl. 25.08.74, Bjul. №31.
4. A. s. 335706 (SRSR), kl. 06 K 9/00. Opticheskij adaptivnyj klassifikator. E.S. Nezhevenko, G.I. Salov, P.E. Tverdohleb, G.D. Umancev, V.V. Shatun. - № 1606494/18 – 24; zajavl. 18.12.1972, opubl. 11.04.1972, Bjul. №13.
5. Kussul' Je.M. Nejropodobnye seti i nejrokomp'jutery: Sb. nauch. tr. K. 1991. S. 4-10.
6. Reznik A.M. Nejropodobnye seti i nejrokomp'jutery: Sb. nauch. tr. K. 1990. S. 57-63.
7. Solonina A. I. Algoritmy i processory cifrovoj obrabotki signalov. SPb: BHV-Peterburg, 2001. 464 s.

8. Oppengejm Je. Primenenie cifrovoj obrabotki signalov. M.: MIR, 1980. 356 s.
9. Markov S. Cifrovye signal'nye processory. Kn. 1. M.: Mikroart. 1996. 284 s.
10. Jeff Bier. Choosing a Processor: Benchmarks and Beyond (S043), Berkeley, California: Berkeley Design Technology, Inc., USA. 2006.
11. Choosing a DSP Processor, Berkeley, California: Berkeley Design Technology, Inc., USA. 2000.

**RESUME**

***V.P. Kozhemiako, L.V. Zagorujko, T.A. Zagorujko***

## *Optoelectronic Trained Classifier*

In this article the optoelectronic trained classifier, which consists of a panel svitlovy-prominyuvachiv, controlled masks panel photodetectors, detector maximum signal winding abrasion, processor and memory designs. Outputs panel photodetectors connected to respective inputs of the detector maximum signal outputs which are the outputs of the device. In memory inputs samples loaded information and address of each bit of information. From the output of the block of memory models information is transmitted to the corresponding inputs of the processor, the outputs of which are connected to respective inputs panel svitlovyprominyu-vachiv and outputs to the corresponding inputs panel photodetectors. Block diagram of opto-electronic trained classifier is shown in Fig. 1.

Luminous flux of each element of the device is calculated by the formula (1), and the total flux is calculated by the formula (2).

For individual blocks optoelectronic trained classifier considered possible to implement them, in particular, presents a block diagram of a possible connection photodetectors and the option to use the signal processor.

*Стаття надійшла до редакції 01.10.2012.*